

## Method and device for holding a metallic component to be connected, especially a gas turbine blade

**Patent number:** DE10206447

**Publication date:** 2003-08-28

**Inventor:** MEIER REINHOLD (DE)

**Applicant:** MTU AERO ENGINES GMBH (DE)

**Classification:**

**- international:** *B23P15/00; B23Q3/08; B23Q3/18; B23Q16/00; B25B5/14; F01D5/14; F01D5/28; B23P15/00; B23Q3/08; B23Q3/18; B23Q16/00; B25B5/00; F01D5/14; F01D5/28; (IPC1-7): B23P15/04; B23K37/04*

**- european:** B23P15/00E; B23Q3/08; B23Q3/18; B23Q16/00; B25B5/14; F01D5/14C; F01D5/28B

**Application number:** DE20021006447 20020211

**Priority number(s):** DE20021006447 20020211

**Also published as:**



WO03068457 (A1)

EP1474270 (A1)

US2005205644 (A1)

CA2475330 (A1)

**Report a data error here**

Abstract not available for DE10206447

Abstract of corresponding document: **US2005205644**

A method for holding a metallic component of a gas turbine, which is to be connected, includes providing a metallic component having a surface and at least one machining or joining surface, providing a case having a cutout, which has an inner surface, for receiving the component, positioning the component in the case in such a manner that its surface is surrounded, at a distance, by the inner surface of the case, so as to form a closed volume and so that its machining or joining surface does not face the volume, filling the volume with a foamable material, foaming the material and cooling so as to form a dimensionally stable foam, structure. An apparatus for holding the metallic component and a method for connecting the metallic component to a further component are also provided.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 102 06 447 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 23 P 15/04**  
B 23 K 37/04

②1 Aktenzeichen: 102 06 447.4  
②2 Anmeldetag: 11. 2. 2002  
④3 Offenlegungstag: 28. 8. 2003

**DE 102 06 447 A 1**

⑦1 Anmelder:  
MTU Aero Engines GmbH, 80995 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Meier, Reinhold, 84405 Dorfen, DE

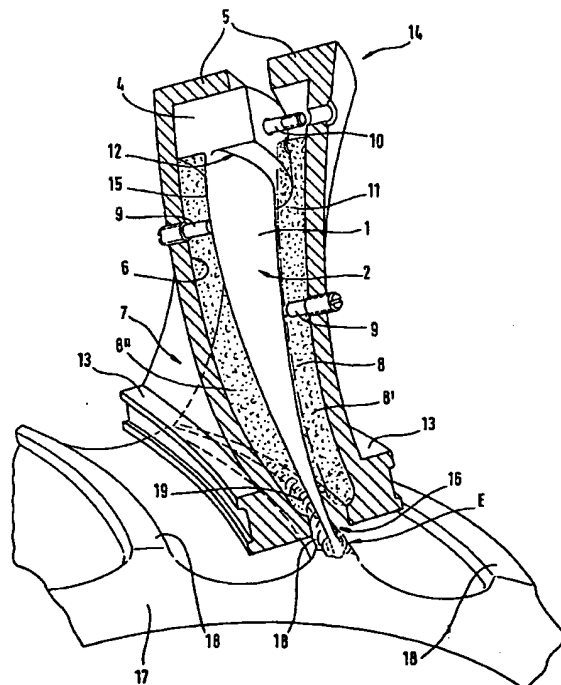
⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 198 58 702 A1  
DE 39 09 733 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Halten eines zu verbindenden, metallischen Bauteils und Verfahren zum Verbinden eines metallischen Bauteils mit einem weiteren Bauteil

⑤7 Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Halten eines zu verbindenden, metallischen Bauteils, insbesondere einer Gasturbine, gekennzeichnet durch die Schritte: Bereitstellen eines metallischen Bauteils (1) mit einer Oberfläche (2) und wenigstens einer Bearbeitungs- oder Fügefläche (3), Bereitstellen einer Kassette (5) mit einer inneren Oberfläche (6) aufweisenden Aussparung zur Aufnahme des Bauteils (1), Positionieren des Bauteils (1) in der Kassette (5) in der Weise, dass dessen Oberfläche (2) von der inneren Oberfläche (6) der Kassette (5) unter Bildung eines geschlossenen Volumens (8) mit Abstand umgeben ist und dessen Bearbeitungs- oder Fügefläche (3) nicht auf das Volumen (8) blickt, Befüllen des Volumens (8) mit einem schäumbaren Material (11), Aufschäumen des Materials (11) und Abkühlen unter Bildung einer formstabilen Schaumstruktur sowie ein Verfahren zum Verbinden eines metallischen Bauteils, insbesondere einer Gasturbine, mit einem weiteren Bauteil (Fig. 2).



**DE 102 06 447 A 1**

**BEST AVAILABLE COPY**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Halten eines zu verbindenden, metallischen Bauteils, insbesondere eines Schaufelblatts für eine Gasturbine, sowie ein Verfahren zum Verbinden eines metallischen Bauteils, insbesondere eines Schaufelblatts für eine Gasturbine, mit einem weiteren Bauteil.

[0002] Es ist im Allgemeinen erwünscht, dass metallische Bauteile bzw. dessen Oberflächen beim Verbinden mit weiteren Bauteilen nicht beschädigt oder in irgendeiner Weise nachteilig beeinträchtigt werden. Wenn z. B. ein Schaufelblatt einer stationären Gasturbine oder eines Flugtriebwerks mit einem Schaufelfuß, einem Schaufeldeckband oder einem Träger eines Verdichter- oder Turbinenrotors durch ein geeignetes Verfahren verbunden wird, z. B. Schweißen, darf die Form und die Oberfläche des Schaufelblatts aus Aerodynamik- bzw. Festigkeitsaspekten nicht negativ beeinträchtigt werden. Letzteres kann während des Verbindungsvorgangs z. B. beim Halten des Schaufelblatts mittels Spannbacken aufgrund der punktuellen Krafteinleitung erfolgen und ist besonders kritisch, wenn relativ große Kräfte eingeleitet werden.

[0003] Das der Erfindung zugrundeliegende Problem besteht darin, ein Verfahren zum Halten eines zu verbindenden, metallischen Bauteils der eingangs beschriebenen Gattung zu schaffen, bei dem das Bauteil im Hinblick auf seine Form und Oberfläche während einer Bearbeitung möglichst schonend behandelt wird. Ferner soll eine entsprechende Haltevorrichtung geschaffen werden. Darüber hinaus soll ein Verfahren zum Verbinden eines auf diese Weise gehaltenen Bauteils mit einem weiteren Bauteil bereitgestellt werden.

[0004] Die erfindungsgemäße Lösung des Problems ist in den Verfahren gemäß Ansprüchen 1 und 27 sowie der Vorrichtung gemäß Anspruch 33 beschrieben.

[0005] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Halten eines zu verbindenden, metallischen Bauteils ist vorteilhaft, dass das Bauteil flächig und nicht punktuell gehalten und dessen Oberfläche somit nicht punktuell belastet wird. Die nach dem Abkühlen auf Umgebungstemperatur formstabile Schaumstruktur schmiegt sich an die Oberfläche des zu verbindenden Bauteils nahezu vollständig an und stellt eine spielfreie, starre, formschlüssige Kopplung zum Bauteil direkt oder zwischen der Kassette, der Schaumstruktur und dem Bauteil dar. Die Oberfläche bzw. Außenhaut des Schaums ist so homogen und kompakt, dass es zu keiner Beschädigung an der Oberfläche des zu verbindenden Bauteils kommt. Ansonsten ist die Schaumstruktur zellig und weist eine Porosität auf. Zum Verbinden des Bauteils mit weiteren Bauteilen durch Schweißen oder ein anderes geeignetes Fügeverfahren können daher große Kräfte über das Bauteil eingeleitet werden, z. B. zum Zusammendrücken der Fügeflächen, ohne dass die Oberfläche des Bauteils beschädigt wird, die Form des Bauteils verändert wird oder zusätzliche großvolumige Anformungen zur Krafteinleitung am Bauteil vorgesehen werden müssen, die nach dem Fügevorgang wieder zu entfernen sind.

[0006] Unter Bearbeitungs- oder Fügefläche ist zu verstehen, dass das Verfahren nicht nur Anwendung findet, wenn das zu haltende, metallische Bauteil mit seiner Fügefläche mit einem weiteren Bauteil, z. B. durch Schweißen verbunden wird, sondern auch wenn das zu haltende, metallische Bauteil an einer Bearbeitungsfläche in einem weiteren Schritt bearbeitet wird, wie z. B. ein nahezu in seiner fertigen Form vorliegendes, z. B. geschmiedetes oder gegossenes, Schaufelblatt für eine Gasturbine, dessen Stirnfläche noch in einem weiteren Schritt fertig zu bearbeiten ist, z. B.

durch Fräsen.

[0007] Das schäumbare Material umfasst üblicherweise einen schäumbaren Grundwerkstoff, z. B. einen Kunststoff oder ein Metall, und ein Treibmittel, das unter Erwärmung ein Gas bildet. Bei einem Metall als Grundwerkstoff erfolgt das Erwärmen auf eine Schäumtemperatur, die wenigstens der Schmelztemperatur des schäumbaren Metalls entspricht und unterhalb der Schmelztemperatur des Bauteilwerkstoffs liegt.

[0008] Je nach Bauteilwerkstoff kann dessen Oberfläche zuvor mit einer vorzugsweise metallischen Schutzschicht, wie einer galvanischen Ni-Schicht, versehen werden, um die Bauteiloberfläche während der Erwärmung bzw. des Schäumens optimal gegen etwaige Oberflächenangriffe zu schützen. Abschließend erfolgt stets das Abkühlen auf eine unter der Schmelz- oder Schäumtemperatur liegende Temperatur, vorzugsweise auf Raumtemperatur, unter Bildung einer formstabilen, porösen Schaumstruktur mit kompakter Außenhaut.

[0009] Das Verfahren ist für ein Bauteil einer Gasturbine, wie z. B. ein Schaufelblatt, geeignet, da diese Schaufelblätter im allgemeinen als geschmiedete oder gegossene Bauteile im wesentlichen in ihrer fertigen Form mit weiteren Bauteilen, wie z. B. einem Schaufelfuß, einem Schaufeldeckband oder einem Verdichter- oder Turbinenträger, verbunden werden oder noch abschließend bearbeitet werden müssen, z. B. durch Fräsen an ihrer Stirnfläche. Infolgedessen darf die Gestalt oder Oberfläche solcher Schaufelblätter während des Füge- oder Bearbeitungsvorgangs nicht punktuell beschädigt werden und soll weitgehend in der fertigen Form vorliegen.

[0010] Die Kassette kann zwei- oder mehrteilig ausgebildet sein, wobei die einzelnen Teile der Kassette nach dem Positionieren des Bauteils und Aufnahme des schäumbaren Materials in geeigneter Weise miteinander fixiert werden, z. B. durch Schrauben od. dgl. Die Kassette besteht aus einem ausreichend festen und steifen, metallischen Werkstoff, wie z. B. Stahl.

[0011] In der Trennfuge zwischen den Teilen der Kassette kann ein lösbares Distanzelement, vorzugsweise auch aus Stahl, zur Variation des Volumens in der Kassette vorgesehen werden, um eine etwaige Schrumpfung des Schaums während des Abkühlens auszugleichen. Das Distanzelement kann nach dem Abkühlen entfernt werden. Dann werden die Teile der Kassette unter Verringerung des Volumens um das Bauteil herum unmittelbar aneinander stoßend miteinander fixiert und ein etwaiger Schrumpf unter Erzielung einer starren Kopplung zwischen Kassette, Schaumstruktur und Bauteil ausgeglichen.

[0012] Das schäumbare Material enthält neben dem Grundwerkstoff, wie z. B. Al, Mg, Cu, Messing, Bronze oder Polystyrol, Polyurethan (PS, PUR), stets ein Treibmittel, wie z. B. Titanhydrit, was unter Erwärmung ein Gas bildet und für das Ausbilden der abschließend zelligen Schaumstruktur aus dem Grundwerkstoff erforderlich ist.

[0013] Abhängig von den im anschließenden Fügevorgang benötigten Festigkeiten und Elastizitätsmodulen kann als schäumbares Material ein Kunststoff, wie z. B. Polystyrol oder Polyurethan (PS oder PUR), oder ein Metall, wie z. B. Al oder Mg oder Ni oder Fe oder eine Legierung dieser Elemente einzeln oder in Kombination, zum Herstellen der Schaumstruktur verwendet werden. Die Festigkeit und das Elastizitätsmodul der das Bauteil haltenden Schaumstruktur hängt neben dem Grundwerkstoff auch von der Porenstruktur ab und steigt im Allgemeinen mit der Rohdichte etwa linear an. Die Parameter beim Schäumen der genannten Grundwerkstoffe werden in einer dem Fachmann bekannten Weise auf den jeweiligen Anwendungsfall angepasst. Die

Oberfläche bzw. Aussenhaut der Schaumstruktur ist geschlossen, kompakt und nicht zu rau, um die Oberfläche des Bauteils zu schonen.

[0014] Ist der Grundwerkstoff des schäumbaren Materials ein Metall, so liegt die Schäumtemperatur wenigstens im Bereich von dessen Schmelztemperatur und stets unterhalb der Schmelztemperatur des Bauteilwerkstoffs. Eine metallische Schaumstruktur hat gegenüber einer aus Kunststoff den Vorteil einer höheren Druckfestigkeit. Beim Aufschäumen eines Metall enthaltenden, schäumbaren Materials ist die Gefahr des Anbackens an der Bauteiloberfläche im allgemeinen geringer als bei schäumbaren Kunststoffen.

[0015] Das schäumbare Material kann insbesondere bei einem Metall als Grundwerkstoff des schäumbaren Materials formstabil als wenigstens ein Halbzeug, vorzugsweise durch Sintern des Materials mit einem geeigneten pulverigen Treibmittel, bereitgestellt werden. Das Halbzeug kann mit lokal unterschiedlichen Verhältnissen zwischen Grundwerkstoff und Treibmittel ausgebildet werden, so dass sich nach dem Aufschäumen eine Schaumstruktur mit lokal unterschiedlichen Porositäten bzw. Dichten bildet.

[0016] Je mehr Grundwerkstoff im Vergleich zum Treibmittel im Halbzeug lokal vorliegt, desto höher ist nach dem Ausschäumen die Dichte und mithin geringer die Porosität der Schaumstruktur. Da sich die Druckfestigkeit der Schaumstruktur etwa proportional zu dessen Dichte verhält, können Schaumstrukturen mit variablen Druckfestigkeiten hergestellt werden. An bei der weiteren Bearbeitung mit großen Kräften beaufschlagten Stellen des Bauteils kann die das Bauteil haltende Schaumstruktur eine geringere Porosität und somit eine höhere Dichte und eine größere Druckfestigkeit als an anderen Stellen aufweisen.

[0017] Für eine Schaumstruktur mit großer Dichte muß das Halbzeug viel Anteil an z. B. metallischem Grundwerkstoff im Vergleich zum Treibmittel enthalten. Die Dichte der Schaumstruktur lässt sich, wie für den Fachmann nachvollziehbar, auch über das Verhältnis des Volumens des Halbzeugs zum geschlossenen Volumen für das schäumbare Material in der Kasette steuern. Ein größeres Spiel beim Befüllen des geschlossenen Volumens mit dem Halbzeug führt zu einer größeren Porosität und somit geringeren Dichte und kleineren Druckfestigkeit. Das Halbzeug kann an die Form und Größe des geschlossenen Volumens angepasst aus einem großflächigen Blech ausgebildet bzw. getrennt werden. Für ein geschlossenes Volumen können mehrere Halbzeuge mit unterschiedlichen Verhältnissen aus Grundwerkstoff zu Treibmittel kombiniert werden, wodurch sich eine lokal unterschiedlich poröse und mithin dichte Schaumstruktur erzeugen lässt.

[0018] Die Bearbeitungs- oder Fügefläche blickt beim Positionieren nicht auf das geschlossene Volumen und kann in einer entsprechend geformten Aussparung in der Kasette aufgenommen werden und/oder aus der Kasette vorstehend positioniert werden, so dass diese für eine anschließende Bearbeitung, z. B. in einer Schweiss- oder Fräsmaschine, nicht von der Schaumstruktur bedeckt ist und aus der Schaumstruktur und ggf. aus der Kasette vorsteht.

[0019] Der zur Bearbeitungs- oder Fügefläche benachbarte Kontaktbereich zwischen dem Bauteil und der Kasette kann mit einem weichen Metall, wie Kupfer oder Blei, in Ring- oder Streifenform vor dem Aufschäumen abgedichtet werden, um Form- oder Maßdifferenzen zwischen dem Bauteil und der Kasette im Kontaktbereich auszugleichen.

[0020] Das in der Schaumstruktur gehaltene Bauteil kann mit der Kasette oder alternativ nach Entfernen der Kasette in einem abschließenden Schritt direkt mit der Schaumstruktur in eine Maschine zur weiteren Bearbeitung montiert werden.

[0021] Das Positionieren des Bauteils in der Kasette kann mit einem mit der Oberfläche des Bauteils zusammenwirkenden Positioniermittel, wie einem Gewindestift, in der Weise erfolgen, dass das Bauteil spielfrei in der Kasette positioniert ist. Das Bauteil kann ferner mit einem Ansatz versehen sein, mit welchem das Bauteil, vorzugsweise mit einem gesonderten Fixiermittel, wie einer Schraube, in der Kasette formschlüssig positioniert wird.

[0022] Als Bauteil kann ein eine Stapelachse, eine Schaufelspitze und zwei gegenüberliegende Schaufelkanten aufweisendes Schaufelblatt für eine Gasturbine bereitgestellt werden. Die gegenüberliegenden Schaufelkanten können die Kasette beim Positionieren unter Bildung von zwei geschlossenen Volumen kontaktieren, wobei die Schritte Befüllen, Aufschäumen und Abkühlen in einer Ausgestaltung nur für eines der beiden Volumen durchgeführt werden können und in dem anderen Volumen mit der Oberfläche des Bauteils zusammenwirkenden Positioniermittel, z. B. Gewindestifte, vorgesehen werden können, auf die das Bauteil nach dem Ausschäumen gedrückt wird.

[0023] Das Schaufelblatt kann, z. B. nach dem Gießen oder Schmieden, mit wenigstens einem sich koaxial zu dessen Stapelachse (in englisch: "stacking axis") und von dessen Schaufelspitze und/oder dessen Schaufelfuß über das Schaufelblatt vorstehenden Zapfen bereitgestellt werden. Der Zapfen kann mit einem abschnittsweise abgeflachten Kreisquerschnitt ausgebildet werden, um beim Positionieren des Schaufelblatts in der Kasette oder im Anschluss an das Ausbilden der Schaumstruktur beim Positionieren des Schaufelblatts in einer Bearbeitungsvorrichtung oder -maschine eine Verdrehsicherheit um die Stapelachse zu gewährleisten.

[0024] Der Zapfen kann beim Positionieren in einer entsprechend geformten Aussparung in der Kasette aufgenommen werden, so dass der Zapfen aus der gebildeten Schaumstruktur vorsteht und zum Positionieren bei einer weiteren Bearbeitung des Schaufelblatts genutzt werden kann.

[0025] In einer Ausgestaltung kann das Verfahren den weiteren Schritt umfassen: Montieren des in der Schaumstruktur gehaltenen Bauteils mit oder ohne Kasette in eine Bearbeitungsvorrichtung oder eine Maschine. Im Fall eines Schaufelblatts kann das Verfahren die weiteren Schritte umfassen: Montieren des in der Schaumstruktur gehaltenen Schaufelblatts mit oder ohne Kasette in eine Bearbeitungsvorrichtung oder eine Maschine und Positionieren des Schaufelblatts mittels dem vorstehenden Zapfen.

[0026] Beim Verfahren zum Verbinden eines metallischen Bauteils mit einem weiteren Bauteil besteht auch das zweite Bauteil im Allgemeinen aus Metall und im Fall eines Gasturbinenbauteils im Allgemeinen aus einer Ti- oder Ni- oder Co- oder Fe-Legierung. Etwaige beim Fügevorgang auftretende Schweißwülste oder kleinvolumige, fakultative Ansätze an einem der Bauteile, welche die Positionierung in der Kasette vereinfachen, können in einem anschließenden Schritt lokal nachbearbeitet oder entfernt werden, z. B. durch ein spanabhebendes Verfahren.

[0027] Die Haltevorrichtung für ein zu verbindendes, metallisches Bauteil wird im Allgemeinen für die weitere Bearbeitung in einer Maschine, z. B. einer Schweiß- oder Fräsmaschine oder einem Roboter, montiert. Die Heizeinrichtung zum Erwärmen des schäumbaren Materials kann je nach Anwendungsfall auf geeignete Weise ausgebildet werden, z. B. induktiv oder durch Gas.

[0028] Weitere Ausgestaltungen der Verfahren sowie der Vorrichtung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0029] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf eine Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

[0030] Fig. 1 eine geschnittene, perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen Haltevorrichtung mit einem entsprechend des erfindungsgemäßen Verfahrens gehaltenen Bauteils;

[0031] Fig. 2 eine geschnittene, perspektivische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Haltevorrichtung, wobei das Bauteil mit einem weiteren Bauteil verbunden ist;

[0032] Fig. 3 eine perspektivische Darstellung von zwei nach einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens verbundenen Bauteilen und eines in einem Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Haltevorrichtung gehaltenen, noch zu verbindenden Bauteils; und

[0033] Fig. 4 eine Fig. 3 entsprechende Darstellung eines weiteren einem Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Verfahren und eines weiteren Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Haltevorrichtung.

[0034] Fig. 1 zeigt eine geschnittene, perspektivische Darstellung eines metallischen Bauteils 1, das gemäß dem Verfahren zum Halten eines metallischen Bauteils in einer entsprechenden, im Ganzen mit 14 bezeichneten Haltevorrichtung gehalten ist. In der vorliegenden Ausgestaltung des Verfahrens ist das metallische Bauteil ein Schaufelblatt 1 aus einer Titan-Legierung, das z. B. für einen Verdichter einer Gasturbine eingesetzt wird. Das Schaufelblatt 1 weist eine äußere Oberfläche 2 und eine Fügefläche 3 auf, die mit einer Fügefläche eines weiteren, in Fig. 1 nicht dargestellten Bauteils verbunden wird. In der vorliegenden Ausgestaltung weist das Schaufelblatt 1 zusätzlich einen Ansatz 4 auf, mit dem das Schaufelblatt 1 zur genauen Positionierung in der Haltevorrichtung 14 fixiert wird.

[0035] Alternativ kann der Ansatz 4 auch entfallen oder wie ein in Fig. 4 dargestellter, abgeflachter Zapfen 19 ausgebildet sein. Der Zapfen 19 verläuft koaxial zur Stapelachse 20 des Schaufelblatts 1. Das Schaufelblatt 1 weist den Zapfen 19 in folge seines Herstellungsprozesses, z. B. durch Schmieden, auf. Der Zapfen 19 wird somit nicht zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zusätzlich vorgesehen. Der koaxial zur Stapelachse 20 verlaufende Zapfen 19 kann zur genauen Positionierung des Schaufelblatts 1 in der Kassette 5 und auch zur Positionierung des Schaufelblatts 1 relativ zu einem weiteren Bauteil, wie einem Rotorträger, mit dem das Schaufelblatt 1 zu verbinden ist, eingesetzt werden.

[0036] Die Haltevorrichtung 14 umfasst in der vorliegenden Ausgestaltung eine zweiteilige Kassette 5 aus Stahl, die eine Aussparung mit einer inneren Oberfläche 6 aufweist. Entlang einer Trennfuge 22 der beiden Teile der Kassette 5 ist ein Distanzelement 21 vorgesehen, das nach dem sich an das Erwärmen und Aufschäumen anschließende Abkühlen entfernt wird. Die beiden Teile der Kassette 5 werden dann unmittelbar aneinander anstoßend verbunden, um einen etwaigen Schrumpf des Schaums während des Abkühlens auszugleichen.

[0037] Das Schaufelblatt 1 wird so in der Aussparung der Kassette 5 positioniert, dass dessen Fügefläche 3 aus der Kassette 5 heraus vorsteht und dessen Oberfläche 2 im Wesentlichen von der inneren Oberfläche 6 der Kassette 5 unter Bildung eines nach außen abgeschlossenen Volumens 8 beabstandet umgeben ist. Die Kassette 5 kontaktiert das Schaufelblatt 1 lediglich in einem an die Fügefläche 3 angrenzenden Blattbereich 16 und dem Ansatz 4 oder dem Zapfen 19 zum genaueren Positionieren.

[0038] In der vorliegenden Ausgestaltung des Verfahrens liegt das schäumbare Material 11 formstabil als Halbzeug vor. Die zwei das schäumbare Material 11 bildenden Halbzeuge sind in ihrer Form und Größe so ausgebildet, dass sie das geschlossene Volumen 8 zwischen der Oberfläche 2 des

Schaufelblatts 1 und der inneren Oberfläche 6 der Kassette 5 nahezu vollständig ausfüllen. Um das Positionieren des Schaufelblatts 1 in der Kassette 5 nicht zu beeinflussen, werden die Halbzeuge 11 mit Spiel eingepaßt.

[0039] Zur spielfreien und eindeutigen Positionierung des Schaufelblatts 1 in der Haltevorrichtung 14 werden Positionierstifte 9 verwendet, welche die Oberfläche 2 des Schaufelblatts 1 berühren und in der Kassette 5 z. B. durch ein Gewinde fixierbar sind. Fakultativ kann das Schaufelblatt 1 darüber hinaus an seinem Ansatz 4 mittels einer Schraube 10 an der Kassette 5 eindeutig fixiert werden.

[0040] Nach dem Positionieren des Schaufelblatts 1 und dem Zugeben des schäumbaren Materials 11, das vorliegend zwei gesinterte Halbzeuge aus Al-Pulver und einem geeigneten Treibmittel sind, wird die Kassette 5 so verschlossen, dass das Volumen 8 ein abgeschlossenes Volumen darstellt, d. h. auch im Kontaktbereich 16, der geeignet dicht zu halten ist, z. B. mit einem Streifen oder Ring eines weichen Metalls, wie Cu.

[0041] Anschließend wird das im Volumen 8 befindliche, schäumbare Material 11 auf die Schäumtemperatur, die etwa der Schmelztemperatur von Al entspricht, erwärmt. Dabei wird durch das Treibmittel ein Gas gebildet, das das Schäumen des angeschmolzenen Al bewirkt. Nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur liegt ein formstabiler Schaum vor, der eine formschlüssige, starre Verbindung zwischen Schaufelblatt 1 und Kassette 5 gewährleistet.

[0042] Die Kassette 5 weist an einer äußeren Oberfläche an ihren beiden Teilen jeweils einen Vorsprung 13 auf, an der die Haltevorrichtung 14 in einer geeigneten Maschine, wie z. B. einer Schweißmaschine oder einem Roboter, fixiert werden kann. Wie anhand der Pfeile F dargestellt, kann über den Vorsprung 13 z. B. auch eine Kraft zum Verbinden des Schaufelblatts 1 mit einem weiteren, in Fig. 1 nicht dargestellten Bauteil eingeleitet werden.

[0043] Fig. 2 zeigt eine geschnittene, perspektivische Darstellung eines in einer Haltevorrichtung 14 gehaltenen Schaufelblatts 1, das mit einem weiteren Bauteil entsprechend eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Verbinden zweier Bauteile verbunden wird. In Fig. 2 ist das in der oben beschriebenen Weise gehaltene Schaufelblatt 1 nicht geschnitten dargestellt und eine der beiden Schaufelkanten 15 erkennbar.

[0044] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das Schaufelblatt 1 zur Bildung eines Verdichterrotors von einer Gasturbine mit einem Rotorträger 17 verbunden. Der Rotorträger 17 besteht aus einer Titan-Legierung und weist an seiner Umfangsfläche eine Vielzahl äquidistant zueinander beabstandeter Fügeflächen 18 auf, die jeweils mit einem Schaufelblatt 1 gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren verbunden werden.

[0045] In der vorliegenden Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt das Verbinden des in der Haltevorrichtung 14, wie oben beschrieben, gehaltenen Schaufelblatts 1 mit dem Träger 17 durch Induktionsschweißen. Dazu werden die Fügeflächen 3 bzw. 18 des Schaufelblatts 1 und des Rotorträgers 17 im Wesentlichen fluchtend und geringfügig beabstandet zueinander positioniert, mittels einem nicht dargestellten Induktor, der die Fugebene E umfänglich umgibt, erwärmt und anschließend zusammengeführt.

[0046] Dabei entsteht ein lediglich geringer Schweißwulst 19, der durch lokales Nacharbeiten abschließend entfernt wird. Ebenso wird der lediglich fakultative Ansatz 4 des Schaufelblatts 1 nach dem Verbindungsvorgang entfernt und die Schaufelspitze 20 des Schaufelblattes 1 lokal nachbearbeitet.

[0047] Dieser Verbindungsvorgang wird mit der erforderlichen Anzahl von Schaufelblättern 1 an den weiteren Füge-

flächen 18 des Rotorträgers 17 wiederholt, so dass abschließend ein integral geschauflelter Rotor mit einer Vielzahl sich im Wesentlichen radial erstreckender Schaufelblätter 1 entsteht. Der Rotor kann in einem Verdichter einer Gasturbine eingesetzt werden. Alternativ kann ein Turbinenrotor einer Gasturbine in entsprechender Weise hergestellt werden, wobei die zu verbindenden Bauteile stets auch aus verschiedenen Werkstoffen bestehen können.

[0048] Das in Fig. 2 gezeigte eine Schaufelspitze 12 und zwei gegenüberliegende Schaufelkanten 15 aufweisendes Schaufelblatt 1 kann alternativ so in der Kassette 5 positioniert werden, dass die gegenüberliegenden Schaufelkanten 15 die Kassette 5 unter Bildung von zwei geschlossenen Volumina 8', 8'' kontaktieren. In dieser Ausgestaltung können die Schritte Befüllen, Aufschäumen und Abkühlen nur für eines der beiden Volumina 8' durchgeführt werden und in dem anderen Volumen 8'' mit der Oberfläche 2 des Bauteils 1 zusammenwirkenden Positioniermittel 9 und, anders als in Fig. 2 dargestellt, kein schäumbares Material 11 vorgesehen werden.

[0049] Fig. 3 zeigt in einer perspektivischen Darstellung eines mit einem Rotorträger 17 verbundenen Schaufelblatts 1, bei dem die Schweißwulst 19 ebenso wie der Ansatz 4 bereits entfernt ist. An einer weiteren Fügefläche 18' des Trägers 17 wird ein weiteres, in einer Haltevorrichtung 14 gehaltenes Schaufelblatt 1' positioniert, das anschließend mit dem Träger 17 verbunden wird. Zwischen den beiden Teilen der Kassette 5 ist ein Distanzelement 21 vorgesehen. Das Distanzelement 21 kann nach dem Abkühlen unter Ausbilden des Schaums zum Ausgleich eines etwaigen Schrumpfes des Schaums entfernt werden. Durch das Zusammenrücken der beiden Teile der Kassette 5 beim anschließenden Verbinden dieser Teile wird das Volumen 8 entsprechend des Schrumpfes verringert. Das Distanzelement 21 kann auch beim Fügevorgang in der Trennfuge 22 der beiden Teile der Kassette 5 verbleiben.

[0050] Im Allgemeinen werden zunächst alle Schaufelblätter 1, 1' mit dem Träger 17 verbunden und daran anschließend etwaige Nacharbeiten an Schweißwulsten 19 od. dgl. durchgeführt.

[0051] In einem alternativen Verfahren kann das Schaufelblatt 1 mittels linearem Reibschweißen mit dem Träger 17 verbunden werden. Durch die starre Verbindung zwischen der Kassette 5 und dem zu verbindenden Schaufelblatt 1 infolge der formstabilen Schaumstruktur können relativ große Kräfte beim Zusammenpressen der Fügeflächen 3, 18 während des Oszillierens über das nahezu in seiner fertigen Form vorliegende Schaufelblatt 1 übertragen werden. Zur einfacheren Positionierung in der Kassette 5 kann das Schaufelblatt 1 auch bei diesem Verfahren einen Ansatz 4 oder einen coaxial zur Stapelachse 20 des Schaufelblatts 1 verlaufenden Zapfen 19 aufweisen.

[0052] Fig. 4 zeigt einen solchen Zapfen 19, der einen abgeflachten Kreisquerschnitt aufweist und so eine Verdrehunsicherheit um die Stapelachse 20 gewährleistet. Der Zapfen 19 erstreckt sich von der Schaufelspitze 12 weg vom Schaufelblatt 1. Dieser in der Stapelachse 20 des Schaufelblatts 1 liegende, aus der Schaumstruktur vorstehende Zapfen 19 erleichtert die Positionierung des Schaufelblatts 1 bei einem anschließenden Verbindungsvorgang, z. B. durch Schweißen, mit einem weiteren Bauteil, wie einem Rotorträger 17, der unter anderem durch seine Axialachse, seinen Durchmesser bzw. seine Länge definiert ist.

[0053] Bei der Fig. 4 gezeigten Kassette 5 ist entlang der Trennfuge 22 kein Distanzelement 21 vorgesehen. Der Zapfen 19 ist in einer Aussparung in der Kassette 5 positioniert und steht somit aus der im Volumen 8 gebildeten Schaumstruktur vor. Für das Erwärmen und Aufschäumen muß die

Trennfuge 22 zwischen den Teilen der Kassette 5 und somit auch im Bereich des vorstehenden Zapfens 19 dicht sein. Je nach Wandstärke der Kassette 5 und Länge des Zapfens 19 steht dieser aus der Kassette 5 vor.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Halten eines zu verbindenden, metallischen Bauteils, insbesondere einer Gasturbine, **gekennzeichnet durch** die Schritte:

Bereitstellen eines metallischen Bauteils (1) mit einer Oberfläche (2) und wenigstens einer Bearbeitungs- oder Fügefläche (3),

Bereitstellen einer Kassette (5) mit einer inneren Oberfläche (6) aufweisenden Aussparung zur Aufnahme des Bauteils (1),

Positionieren des Bauteils (1) in der Kassette (5) in der Weise, dass dessen Oberfläche (2) von der inneren Oberfläche (6) der Kassette (5) unter Bildung eines geschlossenen Volumens (8) mit Abstand umgeben ist und dessen Bearbeitungs- oder Fügefläche (3) nicht auf das Volumen (8) blickt,

Befüllen des Volumens (8) mit einem schäumbaren Material (11),

Aufschäumen des Materials (11) und

Abkühlen unter Bildung einer formstabilen Schaumstruktur.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Bereitstellung eines Bauteils (1) aus einer Ti- oder Ni- oder Co- oder Fe-Legierung.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch die Bereitstellung einer zwei- oder mehrteiligen Kassette (5), deren Teile nach dem Positionieren durch Verschrauben oder Verspannen miteinander fixiert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch die Bereitstellung wenigstens eines Distanzelements (21) in einer Trennfuge (22) der Teile der Kassette (5) zur Veränderung des Volumens (8).

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche (2) des Bauteils (1) zur inneren Oberfläche (6) der Kassette (5) äquidistant beanstandet positioniert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungs- oder Fügefläche (3) beim Positionieren in einer entsprechend geformten Aussparung in der Kassette (5) aufgenommen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungs- oder Fügefläche (3) aus der Kassette (5) vorstehend positioniert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein zur Bearbeitungs- oder Fügefläche (3) benachbarter Kontaktbereich (16) zwischen dem Bauteil (1) und der Kassette (5) mit einem weichen Metall, wie Kupfer oder Blei, vor dem Aufschäumen abgedichtet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch ein Positionieren des Bauteils (1) in der Kassette (5) mit einem mit der Oberfläche (2) des Bauteils (1) zusammenwirkenden Positioniermittel (9).

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Bereitstellung des Bauteils (1) mit einem Ansatz (4), mit welchem das Bauteil (1), vorzugsweise mit einem gesonderten Fixiermittel (10), in der Kassette (5) positioniert wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das schäumbares Material (11) mit einem Kunststoff als Grundwerkstoff, wie Polyurethan (PUR), oder einem Metall als Grundwerkstoff und einem geeigneten Treibmittel bereitgestellt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass als Metall Al oder Mg oder Ni oder Fe oder Cu oder Messing oder Bronze oder eine Legierung dieser Elemente einzeln oder in Kombination bereitgestellt wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das schäumbare Material (11) als Pulver bereitgestellt wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das schäumbare Material (11) formstabil als wenigstens ein Halbzeug, vorzugsweise durch Sintern des Materials, bereitgestellt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbzeug mit lokal unterschiedlichen Verhältnissen zwischen Grundwerkstoff und Treibmittel ausgebildet wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch den weiteren Schritt vor dem Positionieren:

Beschichten des Bauteils (1) mit einer vorzugsweise metallischen Schutzschicht, wie einer galvanischen Ni-Schicht.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das schäumbare Material (11) bei einem Metall als Grundwerkstoff durch Erwärmen auf eine wenigstens dessen Schmelztemperatur entsprechende Schäumtemperatur und bei einem Kunststoff als Grundwerkstoff mit einem chemischen oder physikalischen Treibverfahren aufgeschäumt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch eine Erwärmung mittels Induktion oder durch Gas oder in einem Ofen.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Bauteil (1) ein eine Stapelachse (20), eine Schaufelspitze (12) und zwei gegenüberliegende Schaufelkanten (15) aufweisendes Schaufelblatt (1) für eine Gasturbine bereitgestellt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die gegenüberliegenden Schaufelkanten (15) die Kassette (5) beim Positionieren unter Bildung von zwei geschlossen Volumen (8', 8'') kontaktieren.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte Befüllen, Aufschäumen und Abkühlen nur für eines der beiden Volumen (8') durchgeführt werden und in dem anderen Volumen (8'') mit der Oberfläche (2) des Bauteils (1) zusammenwirken Positionierungsmittel (9) vorgesehen werden.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaufelblatt (1) mit wenigstens einem sich koaxial zu dessen Stapelachse (20) und von dessen Schaufelspitze (12) und/oder dessen Schaufelfuß über das Schaufelblatt (1) vorstehenden Zapfen (19) bereitgestellt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Zapfen (19) mit einem abschnittsweise abgeflachten Kreisquerschnitt ausgebildet wird.

24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Zapfen (19) beim Positionieren in einer entsprechend geformten Aussparung (23) in der Kassette (5) aufgenommen wird.

25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch den weiteren Schritt: Montieren des in der Schaumstruktur gehaltenen Bauteils (1) mit oder ohne Kassette (5) in eine Bearbeitungsvorrichtung oder eine Maschine.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 24, gekennzeichnet durch die weiteren Schritte:

Montieren des in der Schaumstruktur gehaltenen Schaufelblatts (1) mit oder ohne Kassette (5) in eine Bearbeitungsvorrichtung oder eine Maschine und Positionieren des Schaufelblatts (1) mittels dem vorstehenden Zapfen (19).

27. Verfahren zum Verbinden eines metallischen Bauteils mit einem weiteren Bauteil, gekennzeichnet durch die Schritte:

Halten eines metallischen Bauteils (1) mit einer Fügefläche (3) gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 26,

Bereitstellen eines zweiten Bauteils (17) mit wenigstens einer Fügefläche (18),

Positionieren der Fügefläche (3) des Bauteils (1) zur Fügefläche (18) des zweiten Bauteils (17),

Verbinden der Bauteile (1, 17) durch Erwärmen und Kontaktieren der Fügeflächen (3, 18).

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbinden durch Schweißen erfolgt.

29. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile (1, 17) durch Reibschweißen in der Weise verbunden werden, dass die Schweißtemperatur durch Zusammenpressen der Fügeflächen (3, 18) und gleichzeitiger oszillierende Relativbewegung der Bauteile (1, 17) in der Fügeebene (E) erfolgt.

30. Verfahren nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile (1, 17) mittels Induktionsschweißen durch Erwärmen der Fügeflächen (3, 18) mit einem Induktor und anschließendem Kontaktieren der Fügeflächen (3, 18) verbunden werden.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass als zu verbindendes Bauteil (1) eine Schaufelblatt und als zweites Bauteil ein Schaufelfuß oder ein Schaufeldeckband oder ein Rotorträger (17) einer Gasturbine mit einer Vielzahl umfänglich angeordneter Fügeflächen (18) bereitgestellt wird.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren entsprechend der Anzahl an Fügeflächen (18) des Rotorträgers (17) mit entsprechender Anzahl von Schaufelblättern (1) wiederholt wird.

33. Haltevorrichtung für ein zu verbindendes, metallisches Bauteil, insbesondere einer Gasturbine, umfassend:

eine Kassette (5) mit einer inneren Oberfläche (6) aufweisenden Aussparung zur Aufnahme eines metallischen Bauteils (1) mit einer Oberfläche (2) und einer Bearbeitungs- oder Fügefläche (3) sowie eines Metalls als Grundwerkstoff enthaltendes, schäumbares Material (11) zur Bildung einer die Oberfläche (2) des Bauteils (1) mit Ausnahme von dessen Bearbeitungs- oder Fügefläche (3) umgebenden, formstabilen Schaumstruktur, und

eine Heizeinrichtung zum Erwärmen des Materials (11) auf eine wenigstens dessen Schmelztemperatur entsprechende Schäumtemperatur.

34. Haltevorrichtung nach Anspruch 33, gekennzeichnet durch eine zwei- oder mehrteilige Kassette (5), deren Teile durch Verschrauben oder Verspannen miteinander

ander fixierbar sind.

35. Haltevorrichtung nach Anspruch 34, gekennzeichnet durch wenigstens ein lösbares Distanzelement (21) in einer Trennfuge (22) der Kassette (5).

36. Haltevorrichtung nach einem der Ansprüche 33 bis 35, gekennzeichnet durch eine Kassette (5) mit wenigstens einem Absatz (13) an deren äußerer Oberfläche (7) zur Fixierung in einer Bearbeitungsvorrichtung oder einer Maschine und/oder zur Krafteinleitung in eine Fügeebene (E) während eines Schweißvorgangs.

37. Haltevorrichtung nach einem der Ansprüche 33 bis 36, gekennzeichnet durch eine Schaumstruktur (11) mit lokal unterschiedlicher Dichte.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



Fig. 1

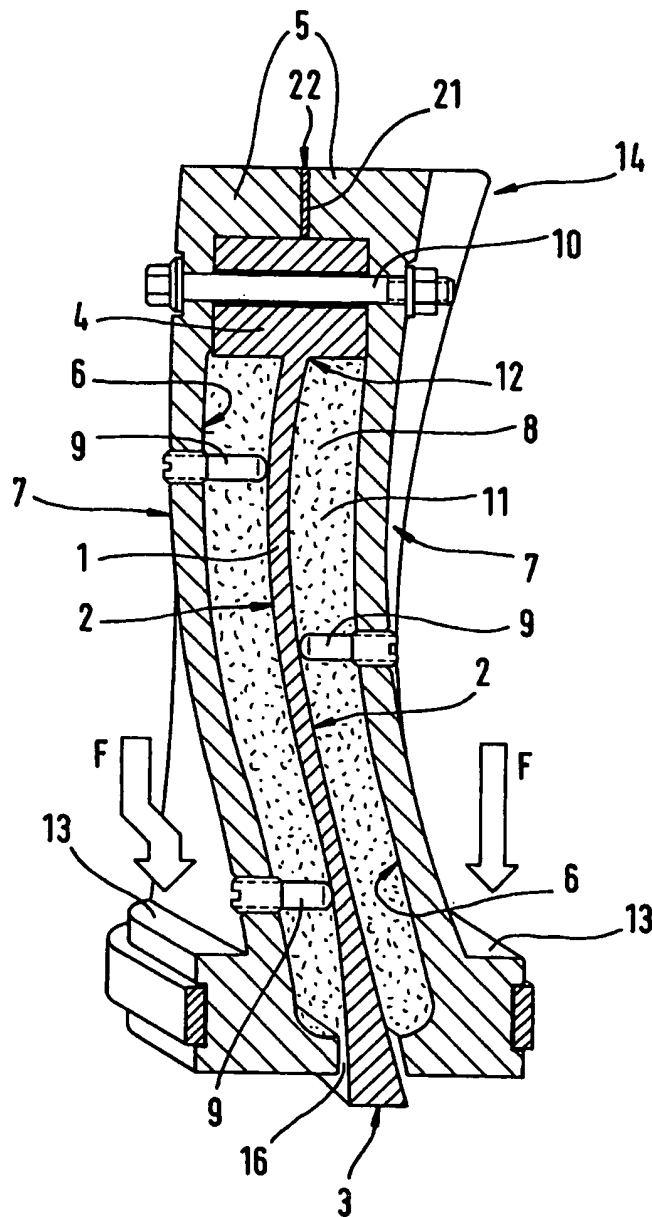
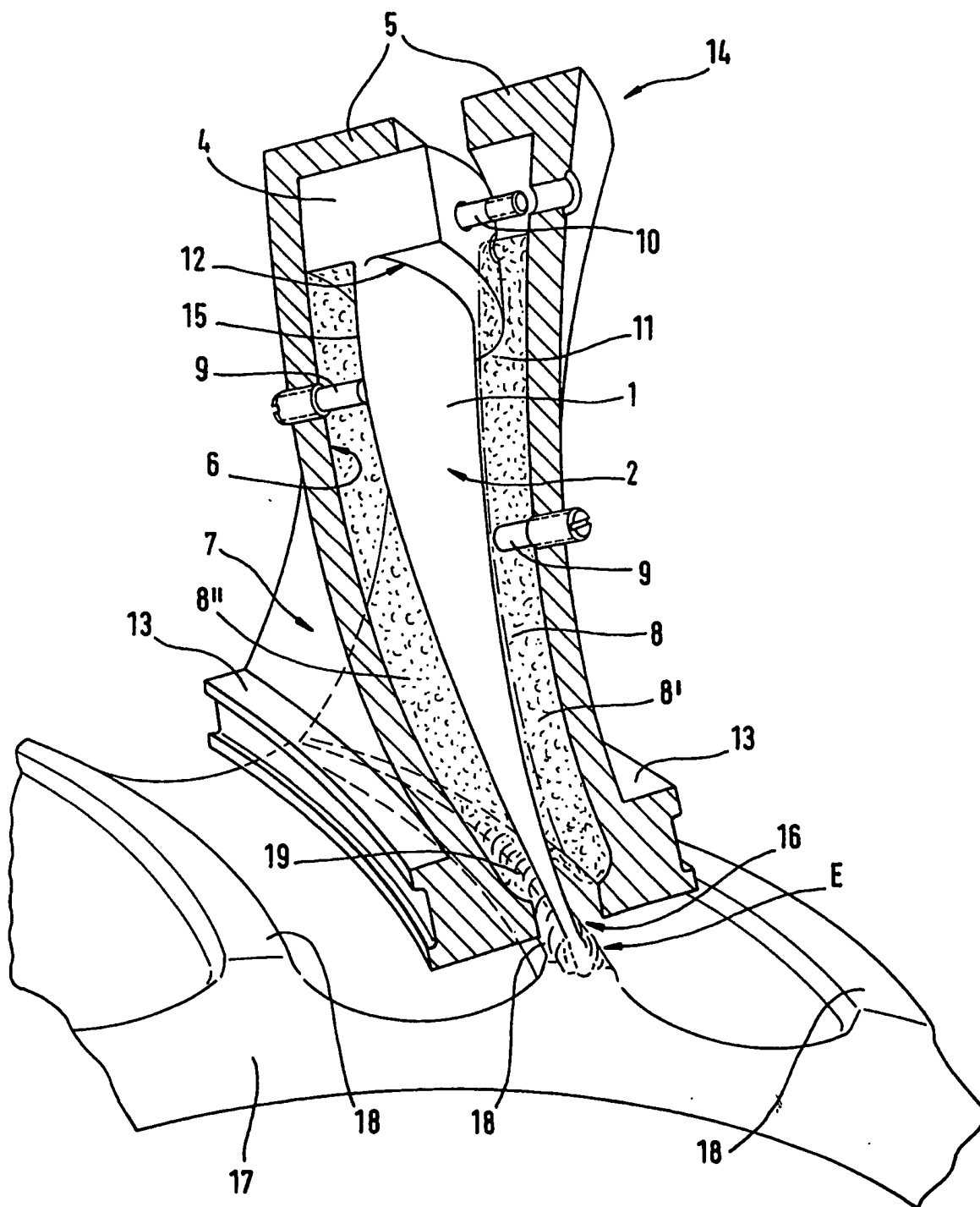
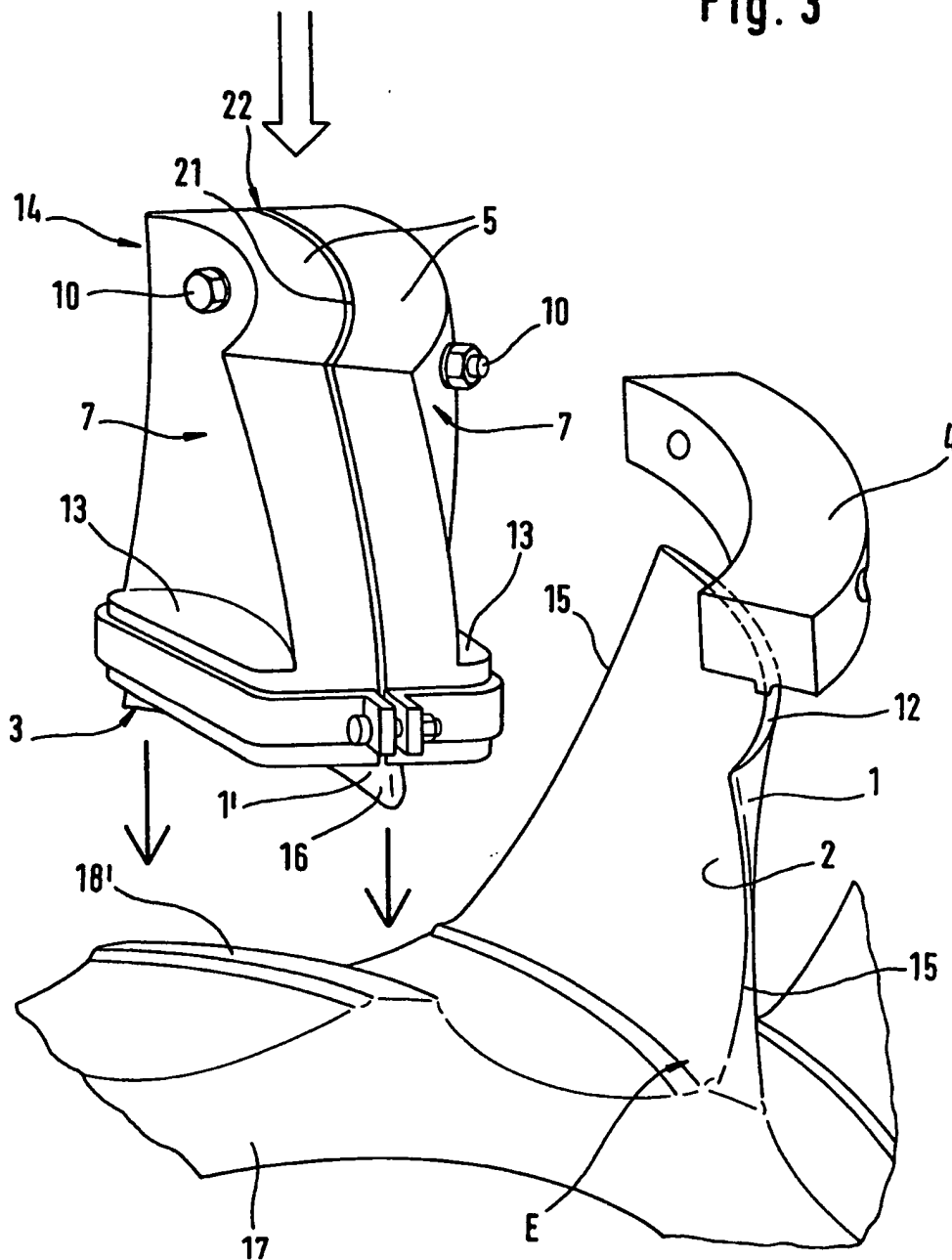


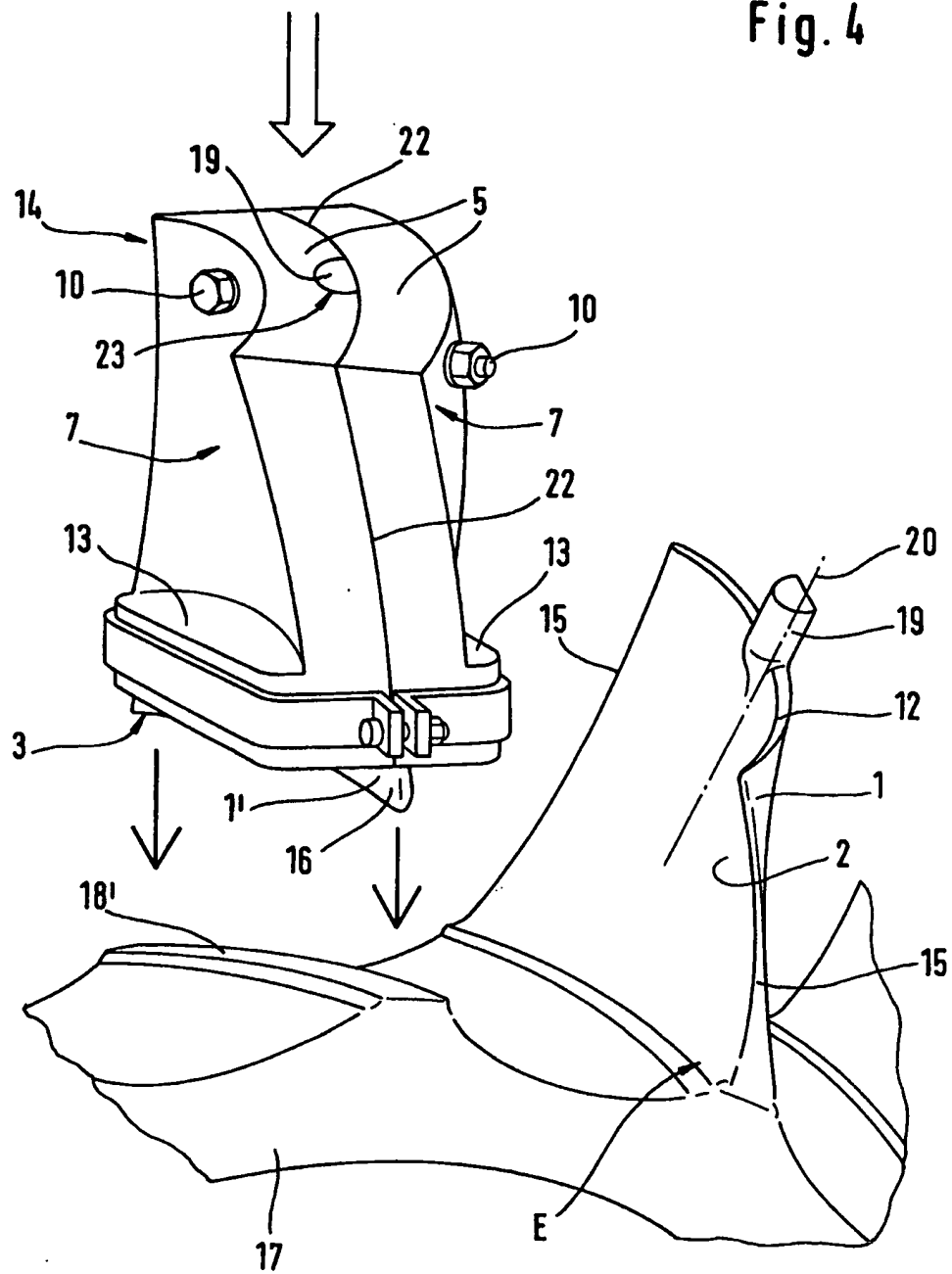
Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**